

**PEMANFAATAN BATU ZEOLITE SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA  
CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)* DENGAN  
BAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN STARBIT E-60**

Subarkah<sup>1,\*</sup>), Helmy Akbar Bale<sup>2</sup>, Adyatma Arif Nugraha<sup>3</sup>

<sup>1,\*</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: subarkah@uii.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: helmy.akbar@uii.ac.id

<sup>3</sup>Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Email: 15511154@students.uui.ac.id

**ABSTRACT**

*In the construction project, especially the roads in Yogyakarta and surrounding areas, the aggregate used is derived from the Clereng Kulonprogo. This amount of aggregate usage results in scarcity and affects the price to become expensive. The use of coarse aggregate materials as an alternative is rare. In reality, it is necessary to make innovation by utilizing the coarse aggregate of zeolite stone, which is still quite widely available in the Klaten area. Based on the preliminary test, the zeolite aggregate has a lower abrasion resistance compared to the andesite aggregate from Clereng. Using a modified asphalt Starbit E-60, which has a deficient penetration value, is expected to provide better stability to compensate for the weakness of zeolite stones. A combination of a mixture between a coarse aggregate of zeolite Stones and Andesite is tested until how large the proportion of zeolite stones of such combinations can provide the optimum value to AC-BC layer pavement. This research compares the performance of the AC-BC mixture using zeolite and andesite stones. It determines the feasibility of zeolite's stone, in substituting the andesite stone, in the AC-BC mixture. It is also to know the influence of the use of Starbit E-60 in the AC-BC mixture. The comparison of those performances was referred to as Marshall characteristics, Indirect Tensile Strength (ITS), and Immersion; using Pen asphalt Pen. 60/70 and Starbit E-60 as a binder. Trial mix was applied to the bitumen content variation of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, to determine Optimum Bitumen Content (OBC) by conducting Marshall testing. The variety of substitution zeolite proportions of 0%, 25%, and 75% was made in each trial mix above. The research result showed that the maximum percentage of zeolite aggregate in the mixture using an asphalt Pen 60/70, which meets with specification standard, is 28%, while the mixture using Starbit E-60 is 26%. ITS value decreases as the percentage of zeolite are increased. ITS value of mix with Starbit E-60 is higher than that of mix with asphalt Pen 60/70. Cantabro Loss value increases with zeolite proportion increase, for both mixed with Starbit E-60 and asphalt Pen 60/70. Cantabro loss of mix with Starbit E-60 is lower than that of with asphalt Pen 60/70. IRS value decrease with an increasing proportion of zeolite.*

**Keywords:** *zeolite, Starbit E-60, asphalt pen 60/70, immersion, ITS, Cantabro*

## LATAR BELAKANG

Lapis perkerasan jalan merupakan salah satu bagian terpenting dari struktur konstruksi jalan dalam mendukung beban lalu lintas. Pada umumnya kerusakan yang dialami oleh jalan selain akibat beban kendaran juga akibat dari kualitas material yang rendah. Pada perkerasan jalan, agregat merupakan suatu komponen utama yang mempunyai peran penting dalam mendukung beban lalu lintas seperti kekuatan atau ketahanan terhadap abrasi. Pada Proyek Konstruksi, terutama konstruksi jalan di daerah Yogyakarta dan sekitarnya, agregat yang biasa dipakai berasal dari Clereng Kulonprogo. Banyaknya pemakaian agregat ini mengakibatkan kelangkaan dan berpengaruh pada harganya yang relative menjadi mahal. Pada umumnya penggunaan bahan agregat pengganti (substitusi) sebagai alternatif pada campuran perkerasan beraspal berupa agregat halus atau *filler*. Hal ini diaplikasikan untuk lapis perkerasan bagian atas seperti *AC-WC*, *HRS*, atau lapis *LATASTON* lainnya. Penggunaan material agregat kasar sebagai alternatif masih jarang dilakukan.

Melihat kenyataan itu, maka perlu dilakukan inovasi dengan memanfaatkan agregat kasar dari batu zeolite yang masih cukup banyak tersedia di daerah Klaten. Selama ini batu zeolite tidak pernah digunakan sebagai bahan agregat untuk perkerasan lentur, utamanya pada lapis perkerasan yang beraspal. Hal ini disebabkan oleh kualitasnya yang rendah. Namun demikian, berdasarkan hasil uji awal yang dilakukan di laboratorium, nilai abrasi batu zeolite sebesar 22% (Tabel 1) < 40% masih dapat diterima sebagai bahan campuran perkerasan lentur. Sementara itu, batu andesit Clereng memiliki kualitas yang sangat baik dengan nilai abrasi sekitar 15%.

Tabel 1. Pengujian abrasi batuan

Jenis	Nilai Abrasi		
	100 x	400 x	Rerata
Batu Andesit	8,4 %	21,65%	15,03%
Batu zeolite	17,6 %	26,21%	21,91%

Dalam SNI-2417:2008 dikatakan bahwa abrasi dari agregat kasar yang akan digunakan untuk material perkerasan tidak lebih dari 40%. Jika dilihat dari sisi kekuatannya, agregat batu zeolite menghasilkan daya dukung yang lebih rendah dibandingkan dengan batu andesit Clereng. Namun demikian daya dukung perkerasan ditentukan juga oleh kualitas bahan ikat aspalnya. Untuk itu dicoba menggunakan aspal modifikasi Starbit E-60 yang memiliki nilai penetrasi yang sangat rendah yang dapat memberikan stabilitas yang sedikit lebih baik untuk mengompensasi kelemahan batu zeolite. Selain itu, perlu juga dicari alternatif lain dengan mencampur agregat kasar batu zeolite dan batu andesit. Untuk itu, kombinasi campuran antara agregat kasar batu zeolite dan andesit perlu diuji sampai seberapa besar proporsi batu zeolite dari kombinasi tersebut dapat memberikan nilai yang optimum untuk lapis perkerasan *AC-BC*

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas campuran perkerasan *AC-BC* yang menggunakan batu zeolite dari Klaten dan batu andesit dari Clereng sebagai pengganti agregat kasar sekaligus mendapatkan proporsi campuran batu andesit optimum yang masih layak.

### Penggunaan Agregat Batu zeolite Pada Campuran Aspal

Penelitian Kurniawan (2017) tentang pengaruh penggunaan zeolite alam pada material pengganti agregat halus terhadap kinerja perkerasan *HRS-Base* dengan metode Bina Marga. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memanfaatkan batu zeolite sebagai pengganti agregat halus dari Clereng Kulonprogo. Campuran zeolite maksimal yang dapat dipakai yaitu 37.5% karena jika lebih dari itu, maka tidak memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi Bina Marga. Seiring dengan semakin tingginya kadar zeolite maka stabilitas akan menurun pada pengujian *Immersion*. Begitu pula dengan nilai *indirect tensile strength* menurun dengan semakin tingginya kadar zeolite.

Felina (2015) dalam penelitiannya menggunakan agregat halus zeolite alam pada campuran AC-WC. Kadar aspal optimum untuk penggunaan zeolite 0% dan 25%, masing-masing 5,9 % dan 6,6%, sedangkan untuk kadar zeolite 50%, 75% dan 100% tidak memenuhi syarat.

Suparma dkk. (2014) memanfaatkan zeolite alam sebagai *filler* pada campuran Laston dengan bahan ikat aspal Buton (BNA Blend 75:25). Hasilnya menunjukkan penggunaan zeolite dapat meningkatkan stabilitas dan keadaan optimumnya pada kadar 50% untuk campuran dengan bahan ikat BNA Blend dan pada kadar zeolite 25% untuk campuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70. Secara keseluruhan penggunaan bahan ikat BNA blend memberikan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan bahan ikat aspal Pen 60/70.

Saleh (2014) dalam penggunaan batu zeolite sebagai *filler* pengganti abu batu pada campuran AC-BC memperlihatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai stabilitas Marshall pada komposisi campuran yang menggunakan proporsi *filler* zeolite 25%, 50% dan 75%, sedangkan untuk komposisi 0% zeolite dan 100% zeolite, stabilitas Marshall yang didapatkan cenderung menurun. Nilai *Indirect Tensile Strength* menggunakan zeolite sebagai *filler* cenderung rendah dibandingkan dengan yang menggunakan debu batu sebagai *filler*. Zeolite sebagai *filler* ternyata dapat meningkatkan pori (*VITM*) dalam campuran AC-BC. Semakin tinggi kadar substitusi *filler* zeolite sebagai pengganti *filler* abu batu menghasilkan *VITM* yang semakin besar pula, Saleh (2018).

Amal (2015) dalam penelitiannya terhadap limbah batu marmer sebagai pengganti agregat kasar pada campuran aspal beton dengan untuk mengurangi limbah batu marmer yang tidak terpakai. Komposisi campuran maksimum yang dapat dipakai adalah 35 % batu marmer dari total agregat kasar, karena jika lebih dari 35% tidak

memenuhi spesifikasi Bina Marga. Dari penelitian ini didapatkan data bahwa nilai stabilitas marshall cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kadar campuran batu marmer.

### **Pengaruh Penggunaan Aspal Starbit E-60 pada Campuran HRA**

Nugroho (2018) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa nilai *flow* yang dihasilkan oleh campuran berbahan ikat Starbit E-60 cenderung lebih stabil. Pada penelitiannya juga dapat disimpulkan bahwa campuran dengan bahan ikat aspal Starbit E-60 lebih tahan terhadap air.

### **Perencanaan Gradasi dengan Variasi Kadar Batu zeolite**

Dalam pengujian sebelumnya didapatkan berat jenis batu zeolite dan batu Clereng masing-masing sebesar 2,64 dan 2,51. Pada prinsipnya penyalutan aspal pada agregat akan bergantung pada kaidah volumetrik masing-masing ukuran butiran agregat, sedangkan pengukuran gradasi mendasarkan pada persentase berat agregat. Mengingat berat jenis agregat andesit dan zeolite berbeda, maka untuk menjaga agar volume masing-masing ukuran butiran relatif tetap, desain gradasi yang menggunakan proporsi agregat kasar zeolite (0%, 25% dan 50%) disesuaikan dengan menggunakan konversi berat jenis antara agregat andesit dan zeolite.

Agregat pada masing-masing proporsi batu zeolite dicampur dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Hal yang sama juga dilakukan dengan menggunakan bahan ikat Starbit E-60. Dengan demikian dari 3 macam gradasi dan 2 macam bahan ikat diperoleh 6 nilai KAO. Terhadap sampel dari masing-masing KAO selanjutnya dilakukan pengujian: marshall, *Immersion*, *Indirect Tensile Test (ITS)*, dan Cantabro.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian bahan susun agregat dan bahan ikat aspal Pen 60/70 serta Starbit E-60 disajikan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	
			Zeo-lite	Ande-sit
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,50	2,66
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	$\leq 3$	3,15	1,69
3	Kelekatan agregat oleh aspal (%)	$\geq 95$	96	99
4	Keausan agregat (%)	$\geq 40$	21,91	15,03

Tabel 3. Hasil pengujian aspal pertamina Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,04
2	Penetrasi (mm)	60 - 70	62,3
3	Daktilitas (cm)	$\geq 100$	164
4	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	48
5	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	332
6	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	345
7	Kelarutan dalm TCE (%)	$\geq 99$	99,03

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik aspal Starbit E-60

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,063
2	Penetrasi (mm)	$\geq 54$	54,4
3	Daktilitas (cm)	$\geq 100$	164
4	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 60$	55
5	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	290
6	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	324
7	Kelarutan pada TCE (%)	$\geq 99$	99,03

### Karakteristik Campuran Hasil Uji Marshall

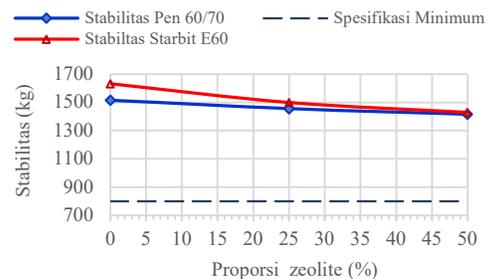
Hasil uji marshall untuk mendapatkan KAO pada masing-masing proporsi zeolite seperti pada Tabel 5

Tabel 5. Rekapitulasi nilai kadar aspal optimum

Proporsi zeolite (%)	Aspal Pen 6070	Aspal Starbit E-60
0	6,05	6,25
25	6,50	6,57
50	5,55	5,75

### Stabilitas

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum untuk ketiga proporsi persen substitusi agregat andest Clereng cenderung menurun baik untuk campuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 maupun aspal Starbit E-60.

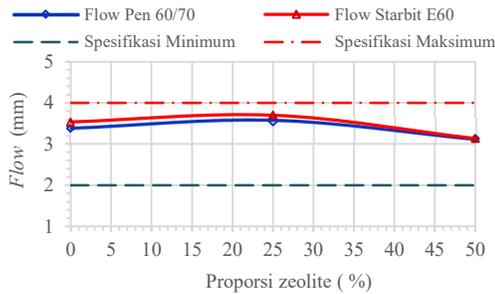


Gambar 1. Hubungan antara stabilitas dan proporsi zeolite

Hal ini disebabkan oleh kekuatan batuan zeolite yang lebih rendah dari batu andesit Clereng yang dilihat dari hasil uji abrasi. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa aspal Starbit E-60 memiliki stabilitas lebih tinggi karena pada pengujian marshall, sampel direndam pada suhu ekstrem 60 derajat yang mana pada kondisi tersebut aspal Starbit cenderung memiliki viskositas yang lebih tinggi. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Kurniawan (2017) yang mendapatkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan zeolite akan menurun seiring dengan naiknya persen substitusi zeolite.

### Flow

Gambar 2 berikut menunjukkan bahwa nilai flow cenderung semakin naik seiring dengan naiknya proporsi zeolite sampai 25% kemudian menurun sampai 50%.

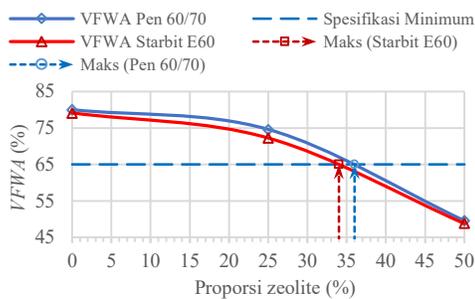


Gambar 2. Hubungan antara *flow* dan proporsi zeolite

Hal ini karena kadar aspal optimum cenderung naik. Sedangkan pada proporsi 50% *flow* menurun karena pada proporsi tersebut KAO lebih rendah dari proporsi 25%. Aspal Starbit cenderung memiliki *flow* tinggi karena memiliki kandungan minyak yang lebih besar, hal ini di buktikan dengan nilai titik nyalanya yang lebih rendah dibanding Pen 60/70.

**VFWA**

Semakin tinggi persen substitusi batu zeolite maka nilai *VFWA* akan semakin turun (Gambar 3).



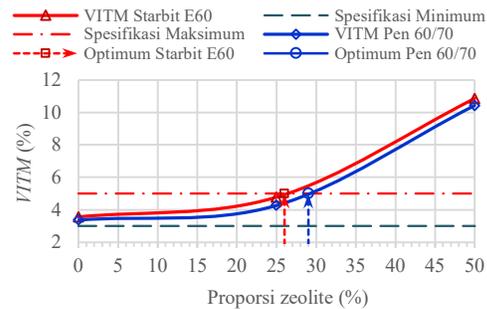
Gambar 3. Hubungan antara *VFWA* dan proporsi zeolite

Berdasarkan batas batasan *VFWA*, proporsi zeolite yang memenuhi sebesar 36% dan 34% berturut-turut pada campuran dengan bahan ikat aspal pen 60/70 dan Starbit E-60.

Hal ini disebabkan oleh aspal yang mengisi rongga menjadi semakin sedikit karena aspal cenderung terserap ke batu zeolite, sehingga aspal yang menutup rongga cenderung sedikit.

**VITM**

Gambar 4 memperlihatkan bahwa bahwa nilai *VITM* naik seiring dengan bertambahnya proporsi agregat zeolite.



Gambar 4. Hubungan antara *VITM* dan proporsi zeolite

Hal ini disebabkan oleh nilai penyerapan dari batu zeolite lebih besar dari batu andesit Clereng. Saleh (2018) juga menghasilkan kecenderungan yang sama.

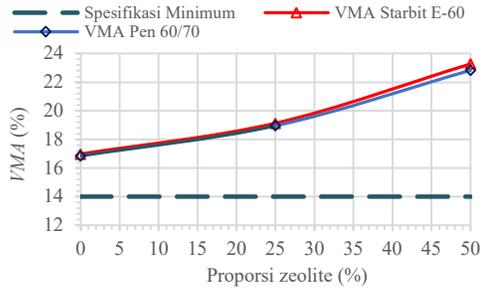
Proporsi zeolite maksimum yang dapat digunakan berdasarkan syarat *VITM* adalah sebesar 29% untuk campuran dengan bahan ikat aspal pen 60/70 dan 26 % untuk campuran yang berbahan ikat Starbit E-60.

Penelitian ini sejalan Kurniawan (2017) yang mengatakan bahwa persen optimum penggunaan zeolite adalah di bawah 37,5%, selebihnya untuk *VITM* tidak masuk spesifikasi

**VMA**

Nilai *VMA* naik seiring dengan naiknya persen substitusi agregat batu zeolite (Gambar 5).

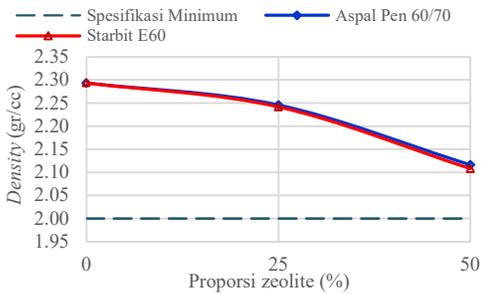
Berdasarkan hasil uji di atas dapat dikatakan bahwa penyebabnya adalah batu zeolite yang cenderung memiliki pori yang lebih tinggi dibanding batu andesit Clereng, sehingga persentase pori diantara agregat cenderung lebih tinggi pada campuran yang menggunakan batu zeolite sebagai substitusi. Campuran berbahan ikat Starbit E-60 dan pen 60/70 tidak memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 5. Hubungan antara VMA dan proporsi zeolite

**Density**

Hasil uji *density* seperti pada Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai kepadatan semakin menurun seiring dengan naiknya persen substitusi batuan.



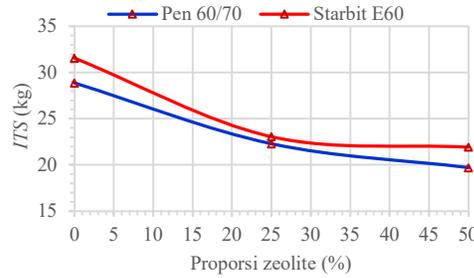
Gambar 6. Hubungan antara *density* dan proporsi zeolite

Semakin menurun nilai kepadatan tersebut dipengaruhi oleh batu zeolite yang memiliki pori yang lebih besar dibanding batu andesit Clereng. Pori yang besar menandakan batuan tersebut memiliki kepadatan yang rendah sehingga memiliki volume yang besar. Nilai kepadatan pada campuran dengan bahan ikat pen 60/70 dan Starbit E-60 cenderung sama atau tidak mempunyai perbedaan yang signifikan.

**Karakteristik Campuran Hasil Uji ITS**

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai ITS cenderung menurun seiring bertambahnya proporsi substitusi agregat kasar zeolite. Hal ini disebabkan kelekatan batuan zeolite oleh aspal lebih rendah dibandingkan dengan kelekatan aspal terhadap batuan andesit Clereng. Hasil ini sejalan dengan Kurniawan (2017), bahwa

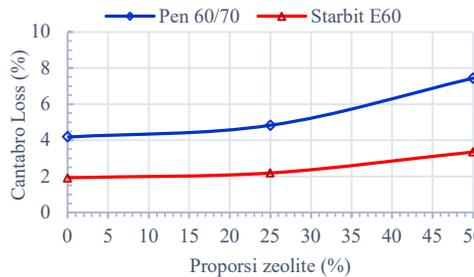
nilai ITS akan menurun seiring dengan naiknya persen substitusi zeolite. Nilai ITS pada campuran dengan bahan ikat Starbit E-60 memiliki nilai ITS yang tinggi karena Starbit E-60 terbukti lebih lekat dibandingkan dengan Pen 60/70.



Gambar 7. Hubungan antara ITS dan proporsi zeolite

**Karakteristik Campuran Hasil Uji Cantabro**

Berdasarkan Gambar 8 berikut terlihat bahwa nilai keausan campuran semakin meningkat seiring dengan naiknya proporsi substitusi zeolite.

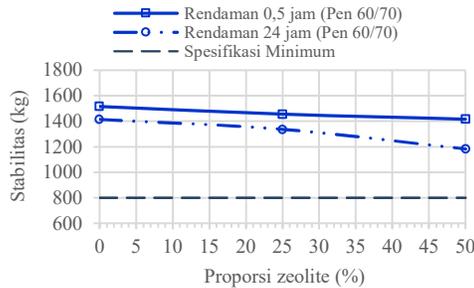


Gambar 8. Hubungan antara cantabro loss dan proporsi zeolite

Hal ini disebabkan oleh butiran campuran dengan proporsi agregat zeolite lebih mudah lepas karena lekatannya lebih rendah dibandingkan dengan agregat batu andesit Clereng. Pada campuran berbahan ikat Starbit E-60 memiliki nilai cantabro lebih rendah karena Starbit lebih lekat sehingga ikatan antara aspal dan agregat menjadi lebih kuat.

### Karakteristik Campuran Hasil *Immersion Test*

Hasil uji rendaman untuk campuran dengan bahan ikat aspal pen 60/70 dan Starbit E-60 disajikan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Nilai stabilitas rendaman aspal Pen 60/70



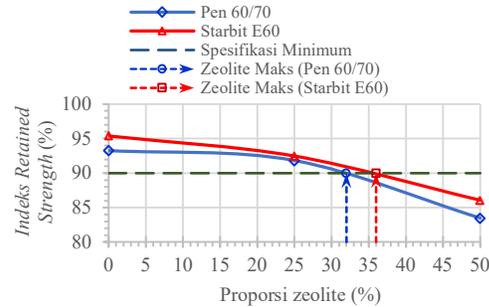
Gambar 10. Nilai stabilitas rendaman aspal Starbit E-60

Lekatan antara bahan ikat dan agregat dipengaruhi oleh jenis batuan dan bahan ikat. Pada bahan ikat yang sama, semakin besar proporsi zeolite dalam campuran semakin rendah stabilitas rendaman. Hal ini disebabkan oleh nilai lekatan batuan zeolite (96%) yang lebih rendah dibandingkan dengan batuan andesite (99%) sebagaimana ditunjukkan dari hasil uji lekatan pada Tabel 2 di atas. Campuran yang menggunakan Starbit E-60 juga memiliki stabilitas yang tetap lebih tinggi pada perendaman 24 jam dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal Pen 60/70.

### *Index of Retained Strength (IRS)*

*IRS* merupakan indeks yang diperoleh dari perbandingan antara stabilitas rendaman dan tanpa rendaman. Semakin tinggi nilai *IRS*,

maka semakin tahan campuran tersebut terhadap rendaman. Dari Gambar 11 berikut terlihat bahwa nilai *IRS* cenderung menurun seiring dengan naiknya persen substitusi batu zeolite. Dilihat dari jenis bahan ikat yang digunakan, penggunaan Starbit E60 lebih tahan terhadap rendaman dibandingkan dengan bahan ikat aspal Pen 60/70.



Gambar 11. Nilai *Indeks Retained Strength*

Berdasarkan nilai *IRS* tersebut, proporsi zeolite maksimum yang masih memenuhi syarat Bina Marga untuk campuran dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 sebesar 32%, sedangkan yang menggunakan bahan ikat Starbit E-60 sebesar 36%.

Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniawan (2017) yang menyatakan bahwa nilai *IRS* cenderung menurun seiring dengan naiknya persen substitusi zeolite. Putra (2017) dan Nugroho (2018) mengatakan bahwa nilai *IRS* campuran yang menggunakan aspal Starbit E-60 lebih tinggi dari pada yang menggunakan aspal Pen 60/70.

### KESIMPULAN

1. Penggunaan batu zeolite sebagai agregat kasar hanya efektif pada proporsi maksimum 26% untuk campuran berbahan ikat aspal Starbit E-60 dan 29% untuk campuran berbahan ikat Aspal Pen 60/70.
2. Nilai *Indirect Tensile Strength* dan *Immersion* semakin menurun seiring dengan bertambahnya persen substitusi zeolite.

3. Nilai Stabilitas, *Cantabro*, *Immersion*, dan *Indirect Tensile Strength* campuran berbahan ikat Starbit E-60 lebih baik dibanding dengan campuran berbahan ikat aspal Pen 60/70.
4. Nilai kehilangan berat semakin tinggi seiring dengan naiknya persen substitusi batu zeolite dan nilai kehilangan berat pada campuran berbahan ikat Starbit E-60 lebih baik atau lebih kecil daripada campuran berbahan ikat aspal Pen 60/70.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amal. (2015). "*Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton terhadap Karakteristik Marshall*". Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Malang. Jawa Timur. Tidak diterbitkan
- Direktorat Jendral Bina Marga, Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2018). "*Spesifikasi Umum*". Divisi 6.
- Feliana, F. (2015). "*Pengaruh Penggunaan Agregat Halus Zeolite Alam pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*". Tesis. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan
- Nugroho, A. (2018). "*Perbandingan Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) Berbahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-60 dengan Substitusi Filler Abu Ampas Tebu*". Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan
- Kurniawan, A. (2017). "*Pengaruh Penggunaan Zeolite Alam terhadap Material Pengganti Agregat Halus pada Perkerasan HRS-Base*". Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan
- Putra, D. T. W. (2018). "*Pengaruh Lama Rendaman Air Sungai Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC Dengan Bahan Ikat Starbit E-60 dan Pen 60/70*". Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan
- Saleh, A. (2014). "*Perancangan Laboratorium pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70 dan zeolite Alam sebagai Filler*". Tesis. Teknik Sipil. Universitas Gadjah Mada: Tidak dipublikasikan
- Saleh, A. (2018). "*Pengaruh Penggunaan Zeolite Alam sebagai Filler pada Campuran AC-BC Ditinjau dari Nilai VITM*". *Jurnal Teknik Sipil Siklus*. Vol. 4, No.1, April 2018, pp. 36-42.
- Suparma, L.B., Andrian, M., Purnomo, W., Saleh, A. (2014). "*Zeolite Alam Sebagai Filler pada Campuran Laston (AC) dengan Aspal Pen 60/70 dan Asbuton (BNA) Blend 75:25*". *Prosiding Symposium Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi ke 17*, Jember, 22-24 Agustus 2014, pp. 817-826.